

## ANALISIS DAYA DUKUNG TIANG PANCANG MENGGUNAKAN DATA *INSITU TEST*, PARAMETER LABORATORIUM TERHADAP LOADING TEST KANTLEDGE

oleh :

**Lilik Gani Ahmad**

Staf Ahli Komisi KPPU

Email: lgahmad09@gmail.com

**Maman Surahman**

Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

Email: maman.surahman2009@gmail.com

**ABSTRAK:** Perbandingan perhitungan daya dukung tiang pancang dari hasil data *insitu test* (Sondir/CPT dan SPT), hasil parameter laboratorium, dan hasil formula dinamis dibandingkan dengan hasil pembebanan statis (*static loading test kantledge*). Metodologi pengumpulan data dilakukan dengan cara pengambilan data dari pihak proyek dan melakukan studi pustaka. Pada perhitungan daya dukung tiang pancang dilakukan beberapa metode, yaitu: untuk data sondir dengan metode bagemann, metode deRuitter dan beringen, untuk data SPT dengan metode Meyerhof (1956) dan metode L. Decourt (1982), untuk data hasil laboratorium dengan metode  $\alpha$ , metode  $\lambda$ , dan metode U.S Army Corp, Untuk data formula dinamis dengan rumus Hiley (1930), rumus ENR, dan rumus Janbu (1953), Mansur dan Hunter (1970). Beberapa metode perhitungan daya dukung pondasi tersebut terdapat perbedaan nilai, baik dilihat dari penggunaan metode perhitungan, faktor aman (*safety factor*) yang digunakan maupun lokasi titik yang di tinjau. Perhitungan daya dukung aksial berdasarkan hasil uji lapangan, hasil laboratorium, hasil formula dinamis sebaiknya dianggap sebagai perkiraan kasar, bukan sebagai daya dukung ultimit tiang yang sebenarnya. Apabila diragukan keamanannya, maka analisis berdasarkan hasil uji diatas dapat dicek kebenarannya dengan melakukan uji pembebanan pada tiang, baik uji pembebanan static (*static loading test*). Berdasarkan data sondir dengan metode Bagemann dari titik pancang 1 s/d 4 diperoleh hasil rata-rata Qult = 360,43 ton dan metode deRuitter and Beringen dari titik pancang 1 s/d 4 diperoleh hasil rata-rata Qult = 536,99 ton. Untuk data SPT dengan metode Meyerhof (1956) dari titik pancang 1 s/d 4 diperoleh hasil rata-rata Qult = 407,09 ton, metode L.Decourt (1982) diperoleh hasil rata-rata Qult = 536,99 ton.

**Kata Kunci:** *Tiang Pancang, Sondir, SPT, Uji Laboratorium, perbandingan*

### Latar Belakang

Salah satu jenis pondasi tiang adalah pondasi tiang pancang, dimana kekuatan daya dukungnya ditentukan berdasarkan tahanan ujung (*end bearing*) dan pelekatan tiang dengan tanah (*friction*), dengan demikian pondasi jenis ini sangat sesuai digunakan pada tanah lunak dimana tanah keras letaknya jauh berada dari permukaan tanah. Untuk mengetahui daya dukung dari pondasi tiang, biasanya dilakukan pengujian beban tiang statis aksial (*loading test*). Dengan pengujian ini akan dapat diperkirakan besarnya beban maksimum (P

ultimate) dari masing-masing tiang tunggal sehingga dapat direncanakan daya dukung pondasi tersebut mendekati kenyataan yang sebenarnya. Dalam setiap pelaksanaan penyelidikan tanah (*soil investigation*) diperlukan beberapa data teknis, antara lain dengan melakukan investigasi tanah dengan boring, pengujian di laboratorium, uji SPT (*Standart Penetration Test*), sondir (*Sondir, Cone Penetration Test, CPT*).

Latar belakang penelitian ini adalah membandingkan daya dukung tiang pancang berdasarkan hasil penyelidikan lapangan dari sondir, hasil penyelidikan lapangan dari SPT, hasil penyelidikan

laboratorium, dan formula dinamis dengan loading test kantledge. Parameter geser tanah dalam menghitung daya dukung pondasi tiang beton pracetak dari hasil ketiga jenis alat uji tersebut, hasil dari perhitungan tersebut akan dibandingkan, sehingga akan diperoleh perbedaannya dan juga diharapkan akan diperoleh daya dukung pondasi tiang yang paling aman serta menguntungkan dari masing-masing penyelidikan.

### Maksud dan Tujuan

1. membandingkan daya dukung aksial tiang pancang berdasarkan hasil sondir, SPT (insitu test), parameter laboratorium, dan rumus dinamis, dibandingkan dengan hasil pembebanan statik (Kantledge system) terhadap daya dukung aksial tiang pancang yang direncanakan.
2. mendapat suatu hasil perbandingan daya dukung ultimit pondasi tiang pancang yang mendekati hasil uji pembebanan di lapangan (daya dukung ultimit).

### Tiang Pancang

Tiang pancang adalah bagian dari suatu konstruksi pondasi yang terbuat dari kayu, beton dan baja yang berbentuk langsing dan dipancang hingga tertanam dalam tanah pada kedalaman tertentu berfungsi untuk menyalurkan dan menstransmisikan beban dari struktur atas melewati tanah lunak kelapisan tanah keras. Hal ini merupakan distribusi vertikal dari beban sepanjang poros tiang pancang atau pemakaian beban secara langsung terhadap lapisan yang lebih rendah melalui ujung tiang pancang.

**Tabel 1.** Nilai-nilai tipikal beban ijin tiang beton pracetak

Diameter tiang (cm)	Beban tiang maksimum (kN)
30	300 - 700
35	350 - 850
40	450 - 1200
45	500 - 1400
50	700 - 1750
60	800 - 2500

Sumber : Hary Christady Hardiyatmo, 2010, hal 81.

### Penyelidikan lapangan (*insitu test*)

Penyelidikan lapangan atau uji yang secara umum digunakan yaitu :

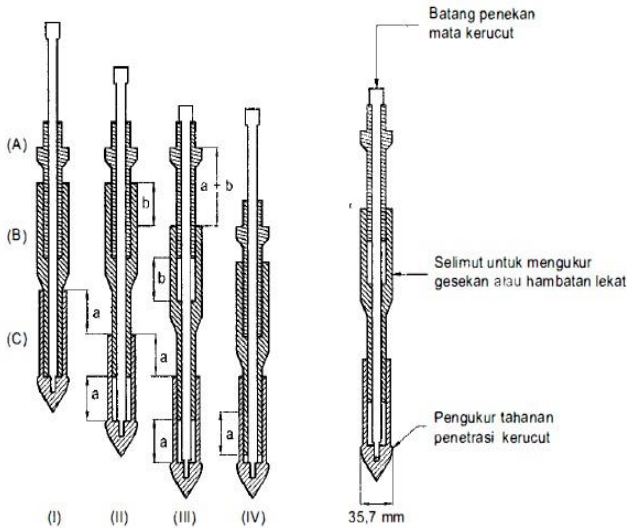
1. Dutch Cone Penetrometer Test (DCPT atau sondir)
2. Standar Penetrasi Test (SPT)

### Penyelidikan dengan Dutch Cone Penetrometer Test (DCPT atau Sondir).

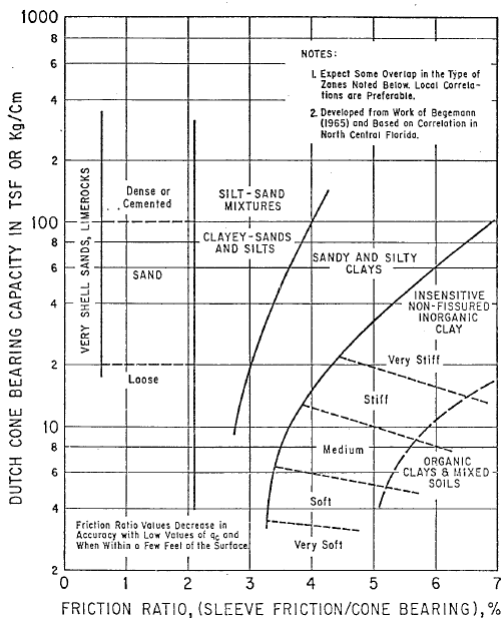
Penyondiran adalah suatu proses memasukan alat sondir secara tegak lurus ke dalam tanah untuk mengetahui besarnya perlawanan penetrasi tanah pada kedalaman lapisan tanah yang ditembus alat sondir tersebut.

Uji sondir banyak digunakan di Indonesia, pengujian ini sangat berguna untuk memperoleh nilai variasi kepadatan tanah pasir yang tidak padat. Pada tanah pasir yang padat serta tanah ber krikil dan berbatu, penggunaan alat sondir menjadi tidak efektif, karena mengalami kesulitan dalam menembus tanah. Nilai-nilai tahanan krucut statis atau tahanan konus ( $qc$ ) yang diperoleh dari pengujian, dapat dikorelasikan secara langsung dengan

kapasitas dukung tanah dan penurunan pondasi dangkal dan pondasi tiang.



**Gambar 1.** Skema alat sondir dan cara kerja alat (Bowles, 1997)



**Gambar 2.** Klasifikasi tanah pada hasil uji kerucut statis (sondir)

Pada gambar tersebut  $f_r$  adalah rasio gesekan (*friction ratio*) yang merupakan perbandingan antara gesekan selimut total,  $f_s$  (gaya gesek yang bekerja pada selimut konus dibagi dengan luas selimutnya atau disebut gesek satuan) dengan tahanan konus  $q_c$  atau rasio gesekan dinyatakan oleh persamaan:

$$f_r = f_s \cdot q_c \times 100\%$$

Kapasitas daya dukung tiang dapat diperoleh dari data uji kerucut statis (CPT) atau sondir. Tahanan ujung yang termobilisasi pada tiang harus setara dengan tahanan ujung saat uji penetrasi. Tetapi, pengaruh skala dan perbedaan kecepatan pembebanan menyebabkan perbedaan signifikan pada nilai tahanan ujung tiang. Fleming et al. (2009) menyarankan untuk tiang pancang yang ujungnya tertutup maka tahanan ujung satuan tiang sama dengan tahanan konus ( $q_c$ ), namun untuk tiang pancang yang ujungnya terbuka atau tiang bor, tahanan ujung satuan tiang diambil 70% nya.

Tahanan gesek tiang umumnya bergantung pada bahan tiang dan jenis tanahnya. Beberapa peneliti menyarankan tahanan gesek satuan tiang diambil sama dengan tahanan gesek lokal sisi konus ( $q_f$ ).

Kapasitas dukung ultimit neto ( $Q_u$ ), dihitung dengan persamaan umum :

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p = A_b f_b + A_s f_s - W_p \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan,

$A_b$  = luas ujung bawah tiang

$A_s$  = luas selimut tiang

$f_b$  = tahanan ujung satuan tiang

$f_s$  = tahanan gesek satuan tiang

$W_p$  = berat tiang

**Penyelidikan lapangan dengan Standar Penetration Test (SPT)**

Standart Penetration Test (SPT) adalah sejenis percobaan dinamis dengan memasukan suatu alat yang dinamakan *split spoon* kedalam tanah. Dengan percobaan ini akan diperoleh kerapatan relatif (*relative density*), sudut geser tanah ( $\phi$ ) berdasarkan nilai jumlah pukulan (N).

Dalam perhitungan daya dukung aksial tiang pancang ini, metode yang akan digunakan antara lain dengan metode Meyerhof (1956) dan Metode L. Decourt (1982).

### Metode Meyerhof (1956)

Korelasi daya dukung tiang dengan hasil uji SPT yang diusulkan oleh Meyerhof berdasarkan penyelidikan yang dilakukan pada pondasi tiang pancang yang tertanam pada tanah lempung berpasir halus.

$$Q_u = m \cdot N_p \cdot A_p + n \cdot \tilde{N} \cdot A_s$$

Meyerhof menganjurkan nilai  $m = 40$  untuk koefisien perlawanan ujung tiang dan nilai  $n = 0,2$  untuk koefisien perlawanan gesek tiang pada tanah lempung kepasiran sedangkan  $n = 0,5$  pada tanah kelanauan. Sehingga daya dukung ujung menjadi :

$$Q_p = 40 \cdot N_p \cdot A_p$$

$$\tilde{N}_p = (N_1 + N_2) / 2$$

Dan daya dukung selimut tiang menjadi :

$$Q_s = 0,2 \cdot \tilde{N} \cdot A_s$$

Dimana,

- $m$  = koefisien perlawanan ujung tiang
- $N_1$  = nilai  $N_{SPT}$  pada ujung tiang yaitu nilai  $N_{SPT}$  rata-rata 1D dibawah dasar tiang
- $N_2$  = nilai rata-rata  $N_{SPT}$  sepanjang 4D diatas dasar tiang.
- $A_p$  = luas penampang pada dasar tiang
- $n$  = koefisien perlawanan gesek tiang
- $\tilde{N}$  = nilai rata-rata  $N_{SPT}$  sepanjang tiang
- $A_s$  = luas selimut tiang

### Metode L. Decourt (1982)

Menurut L. Decourt (1982) daya dukung ultimit tiang pancang dinyatakan dengan  $Q_u = Q_p + Q_s$ .

Sehingga daya dukung ujung menjadi :

$$Q_p = \tilde{N}_p \cdot K \cdot A_p$$

Dimana,

$\tilde{N}_p$  = rata-rata ketiga nilai  $N_{SPT}$  pada ujung tiang

$K$  = koefisien tanah untuk metode L. Decourt (pada tabel 3)

$A_p$  = luas penampang dasar tiang

**Tabel 3.** koefisien tanah menurut L. Decourt

Jenis tanah	Nilai K (ton /m <sup>2</sup> )
Lempung	12
Lanau berlempung	20
Lanau berpasir	25
Pasir dan kerikil	40

Untuk mencari daya dukung selimut tiang perlu mempertimbangkan rata-rata nilai  $N_{SPT}$  sepanjang tiang yang tertanam. Namun nilai  $N$  yang diambil untuk memperkirakan besarnya daya dukung ujung tiang tidak boleh dipakai untuk memperkirakan besarnya daya dukung selimut tiang. Besarnya daya dukung selimut tiang dapat dinyatakan dengan :

$$Q_s = (\tilde{N} / 3 + 1) \cdot A_s$$

Dimana,

- $\tilde{N}$  = nilai rata-rata  $N_{SPT}$  sepanjang tiang
- $A_s$  = luas selimut tiang sepanjang tiang tertanam

Para insinyur belanda sering menggunakan  $q_c$  pada batas 300 kg/cm<sup>2</sup> dan  $q_c$  utama maksimum 150 kg/cm<sup>2</sup> untuk tanah berpasir dan 100 kg/cm<sup>2</sup> untuk tanah pasir yang sangat berlumpur.

(sumber: *Cone Penetration Test, Performance and Design* pasal 4.1 hal 24)

### Daya Dukung Aksial Tiang Pancang Berdasarkan Rumus Dinamis

Hitungan kapasitas dukung ultimit tiang secara dinamis didasarkan pada rumus tiang

pancang dinamik. Rumus ini hanya berlaku untuk tiang tunggal dan tidak memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- (a) Kelakuan tanah yang terletak di bawah dasar kelompok tiang dalam mendukung beban struktur.
- (b) Reduksi tahanan gesek sisi tiang akibat pengaruh kelompok tiang.
- (c) Perubahan struktur tanah akibat pemancangan.

Karena itu, data hasil pengujian hanya digunakan sebagai salah satu informasi perancangan tiang, yang selanjutnya masih harus dipertimbangkan terhadap kondisi-kondisi yang lain supaya hasilnya lebih meyakinkan.

Pada tanah-tanah yang plastis, seperti lempung lunak atau lanau halus, hubungan antara tahanan tiang sementara (sewaktu proses pemancangan) dan tahanan tiang permanen akibat beban yang diterapkan tidak menentu. Pada tanah-tanah ini, tahanan gesek tiang selama proses pemancangan sangat lebih kecil dibandingkan dengan tahanan sesudah waktu yang lama. Namun, tahanan tiang terhadap pukulan dinamik jauh lebih besar daripada tahanan beban statis yang diterapkan pada periode waktu lama. Hal ini dapat mengakibatkan kesalahan dalam menggunakan rumus pancang tiang pada tanah-tanah yang bersifat plastis.

Berbagai cara telah dikerjakan untuk menentukan hubungan antara tahanan dinamik tiang selama pemancangan dengan kapasitas dukung tiang terhadap beban statis (contoh beban akibat beban struktur). Hubungan keduanya disebut *rumus pancang tiang (pile driving formula)*.

Ditinjau dari segi bentuk dan konstruksi perkuatan meja beban, maka ada dua cara untuk melakukan percobaan pembebanan yaitu :

### 1. Sistem Kantledge

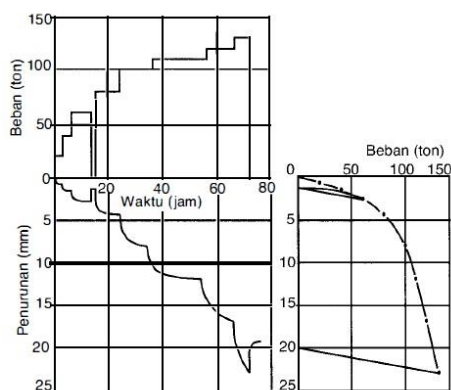
Sistem pembebanan yang menggunakan blok-blok beban sebagai beban kontra yang diletakan diatas meja beban berupa flatform yang dibuat dari profil-profil baja yang ditopang oleh blok-blok beton yang disusun vertikal sampai ketinggian tertentu, dan manumpu pada pile cap. Penurunan (*settlement*) diukur dengan menggunakan dial gauge yang dipasang pada pile cap dan dihubungkan dengan profil baja kanal sebagai *reference beam*.

### 2. Sistem Tiang Angker

Sistem pembebanan dengan menggunakan meja beban yang diperkuat tiang-tiang angker yang ditanam kedalam tanah. Tiang-tiang angker dipasang sekeliling tiang percobaan minimal 4 minggu sebelum percobaan. Meja beban dibuat dari susunan profil baja yang cukup kaku sehingga lendutan maksimal tidak melebihi 0,25 mm.

### 3. Hasil Uji Pembebanan Statis

Dari uji pembebanan statis didapat besarnya penurunan (*settlement*) pada tiang uji, yang dimaksud dengan penurunan disini adalah penurunan rata-rata kepala tiang setelah dikoreksi dengan penurunan meja beban. Tetapi penurunan meja beban ini diabaikan karena meja beban dianggap sangat kaku sehingga lendutan meja beban sangat kecil. Hasil-hasil pengujian dituangkan dalam bentuk grafik sebagai berikut :



Gambar 3. Hasil uji beban tertahan (Whitaker, 1970)

### Konsolidasi Dan Penurunan (Consolidated And Settlement)

Bilamana suatu lapisan tanah mengalami tambahan beban di atasnya, maka air pori akan mengalir dari lapisan tersebut dan isinya (*volume*) akan menjadi lebih kecil, yaitu akan terjadi konsolidasi. Pada umumnya konsolidasi ini akan berlangsung dalam satu jurusan saja, yaitu jurusan vertikal, karena lapisan yang kena tambahan beban itu tidak dapat bergerak dalam jurusan horizontal (ditahan oleh tanah dikelilinginya)

Pada waktu konsolidasi berlangsung, gedung atau bangunan di atas lapisan tersebut akan menurun (*settle*). Dalam bidang teknik sipil ada dua hal yang perlu diketahui mengenai penurunan, yaitu :

- a. Besarnya penurunan yang akan terjadi

- b. Kecepatan penurunan

Istilah penurunan (*settlement*) digunakan untuk menunjukkan gerakan titik tertentu pada bangunan terhadap titik referensi yang tetap. Umumnya, penurunan yang tidak seragam lebih membahayakan bangunan dari pada penurunanan totalnya.

### Perhitungan tegangan

Untuk dapat menghitung besarnya penurunan kita harus mengetahui tegangan semula ( $P_0$ ) pada lapisan yang bersangkutan dan tegangan sesudah pembangunan selesai ( $P$ ). Cara menghitung kedua tegangan ini adalah sebagai berikut :

- a.  $P_0$  (tegangan efektif semula)

Tegangan ini adalah akibat berat tanah sendiri, dan dapat dihitung langsung, asal kita mengetahui berat isi tanah dan dalamnya muka air tanah.

- b.  $P$  (tegangan efektif setelah pembangunan selesai)

Tegangan  $P = P_0 + \Delta P$

### Hasil Uji Penetrasi Sondir (CPT)

Ujung tiang pancang ditentukan pada kedalaman dimana terdapat lapisan tanah dengan nilai konus paling besar atau mencapai tanah keras. Area sondir yang mendekati titik *loading test Kantledge* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Titik sondir yang ditinjau

TITIK PANCANG	TITIK SONDIR	DALAM (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Qf / Tf (kg/cm <sup>2</sup> )
(P1)	SONDIR (S7)	17,2	250	1382
(P2)	SONDIR (S8)	16,0	250	1156

(P3)	SONDIR (S5)	15,6	250	1232
(P4)	SONDIR (S2)	16,4	250	1132

**Uji Penetrasi Standart (SPT)**

Berdasarkan grafik hasil uji penetrasi standart (SPT) pada lubang bor DB1, DB2, dan DB3. Lihat pada tabel 2.

**Tabel 2.** Titik Deep boring dan SPT yang ditinjau

PANCANG	MUKA AIR TANAH (MAT)	TITIK Deep boring (SPT)	TITIK LOADING TEST	KEDALAMAN PANCANG RENCANA (m)
P1	-3.90 m	Deep boring (DB3)	As H-7 no. 366	18
P2	-3.90 m	Deep boring (DB3)	As C'-10 no. 456	18
P3	-4.15 m	Deep boring (DB2)	As A-3 no. 136	18
P4	-3.90 m	Deep boring (DB1)	As H-4 no. 196	18

Terzaghi dan Peck mengusulkan jika nilai NSPT lebih besar dari 15, maka nilai  $N_{SPT}$  tersebut harus dikoreksi terlebih dahulu menjadi  $N'$ , dengan  $N' = 15 + \frac{1}{2} (N - 15)$

Dimana,  
 $N'$  = nilai  $N_{SPT}$  yang telah dikoreksi  
 $N$  = nilai  $N_{SPT}$  yang didapat dari hasil pengujian di lapangan.

HASIL UJI SONDIR (CPT)								
	Metode Analisis	Area / Lokasi		Daya Dukung (ton)			Safety Factor	Daya Dukung Ijin (ton)
		Pancang	titik	Ujung (Qb)	Selimut (Qs)	Ultimit (Qu)	SF	Qa
A	Metode bagemann							
	1	P-1	sondir-7	0,20	427,87	428,07	2,00	214,03
	2	P-2	sondir-8	0,20	332,93	333,13	2,00	166,57
	3	P-3	sondir-5	0,20	345,95	346,15	2,00	173,07
	4	P-4	sondir-2	0,20	334,17	334,37	2,00	167,18
B	Metode deRuiter dan Beringen							
	1	P-1	sondir-7	202,50	371,52	574,02	2,00	287,01
	2	P-2	sondir-8	171,11	345,60	516,71	2,00	258,36
	3	P-3	sondir-5	178,71	336,96	515,67	2,00	257,83
	4	P-4	sondir-2	187,31	354,24	541,55	2,00	270,78

**Gambar 4.** Perbandingan Hasil Pancang Terhadap Hasil Sondir

HASIL STANDART PENETRATION TEST (SPT)								
	Metode Analisis	Area / Lokasi		Daya Dukung (ton)			Safety Factor	Daya Dukung ljin (ton)
		Pancang	Titik	Ujung (Qp)	Selimut (Qs)	Ultimit (Qu)	F	Qa
A	Metode Meyerhof (1956)							
	1	P-1	DB-3 (SPT-3)	287,55	142,56	430,11	2,00	215,06
	2	P-2	DB-3 (SPT-3)	287,55	142,56	430,11	2,00	215,06
	3	P-3	DB-2 (SPT-2)	251,10	144,72	395,82	2,00	197,91
	4	P-4	DB-1 (SPT-1)	230,85	141,48	372,33	2,00	186,17
B	Metode L. Decourt (1982)							
	1	P-1	DB-3 (SPT-3)	111,38	270,00	381,38	2,00	190,69
	2	P-2	DB-3 (SPT-3)	111,38	270,00	381,38	2,00	190,69
	3	P-3	DB-2 (SPT-2)	113,06	273,60	386,66	2,00	193,33
	4	P-4	DB-1 (SPT-1)	110,53	268,20	378,73	2,00	189,37

**Gambar 5.** Perbandingan Pancang Terhadap Hasil SPT

HASIL UJI LABORATORIUM								
	Metode Analisis	Area / Lokasi		Daya Dukung (ton)			Safety Factor	Daya Dukung ljin (ton)
		Pancang	Titik	Ujung (Qb)	Selimut (Qs)	Ultimit (Qu)	F	Qa
A	Metode $\alpha$							
		P-1	DB-3	7,30	42,48	49,78	2,00	24,89
		P-2	DB-3	7,30	42,48	49,78	2,00	24,89
		P-3	DB-2	5,54	30,24	35,78	2,00	17,89
		P-4	DB-1	6,75	32,40	39,15	2,00	19,57
B	Metode $\lambda$							
		P-1	DB-3	7,30	67,53	74,83	2,00	37,42
		P-2	DB-3	7,30	67,53	74,83	2,00	37,42
		P-3	DB-2	5,54	77,62	83,17	2,00	41,58
		P-4	DB-1	6,75	75,35	82,10	2,00	41,05
C	Metode U.S Army Corps							
		P-1	DB-3	7,30	42,48	49,78	2,00	24,89
		P-2	DB-3	7,30	42,48	49,78	2,00	24,89
		P-3	DB-2	5,54	30,24	35,78	2,00	17,89
		P-4	DB-1	6,75	32,40	39,15	2,00	19,57

**Gambar 6.** Perbandingan Hasil Tiang Pancang Terhadap hasil Laboratorium



## Kesimpulan

Dari pembahasan mengenai analisis daya dukung aksial tiang pancang berdasarkan hasil uji lapangan (sondir, SPT), hasil uji laboratorium, hasil rumus dinamis serta didukung dari hasil uji pembebanan statis (*static loading test*) dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain :

1. Berdasarkan uji pembebanan statis (*static loading test*) yang dilakukan pada tiang pancang, maka dapat disimpulkan bahwa pondasi tiang pancang dianggap mampu untuk memikul suatu beban ultimit sebesar 300 ton (200% x beban rencana) dengan tingkat penurunan maksimum 20,41 mm.
2. Hasil perhitungan daya dukung berdasarkan data hasil uji lapangan (sondir dan SPT) memberikan hasil  $\geq 150$  ton dari beban struktur yang direncanakan, oleh karena itu pondasi tiang pancang dianggap mampu untuk memikul suatu beban aksial sebesar 150 ton pada kedalaman 17-18 m dari permukaan tanah.
3. Hasil perhitungan daya dukung berdasarkan data hasil uji laboratorium memberikan hasil  $\leq 150$  ton dari beban struktur yang direncanakan, oleh karena itu pondasi tiang pancang dianggap belum mampu untuk memikul beban yang direncanakan tersebut.

## Daftar Pustaka

Gading Selaras, P.T, 2011, Owner proyek Gading Green Hill, Jakarta

Hardiyatmo, H.C, 1996, Teknik Pondasi 1, Yogyakarta : Gramedia Pustaka

Hardiyatmo, H.C, 2010, Analisis dan Perancangan Pondasi bagian II, Yogyakarta : Gajah Mada University Press

Hardiyatmo, H.C, 2011, Analisis dan Perancangan Pondasi bagian I, Edisi ke-2, Yogyakarta : Gajah Mada University Press

Hammer Sakti, P.T, 2012, Laporan Pembebanan (Axial Loading test), Proyek Green Hill Apartement, Jakarta

H.S, Sardjono,1991, Pondasi Tiang Pancang Jilid I, Surabaya : Sinar Wijaya

Ketira Engieering Consultants, P.T, 2011, Laporan Hasil Penyelidikan Tanah, Proyek Gading Green Hill, Jakarta

Rahardjo, P.P , 1997, Manual Pondasi Tiang, Bandung : GEC UNPAR

Sanglerat, Guy, olivari G, dan Cambau B, 1989, Soal-soal Praktis dalam Mekanika Tanah dan Teknik pondasi, Jakarta : Erlangga.

Schmertmann, John H, Cone Penetration Test, Performance Design, U.S Department of Transportation.

Tomlinson, MJ, 1977, Piled Design and Contruction Practices, London : A viewpoint Publication.

